

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-221497

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335

G02B 5/124

G09F 9/00

(21)Application number : 11-328808

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 18.11.1999

(72)Inventor : MINOURA KIYOSHI

(30)Priority

Priority number : 10337453 Priority date : 27.11.1998 Priority country : JP

## (54) REFLECTIVE LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

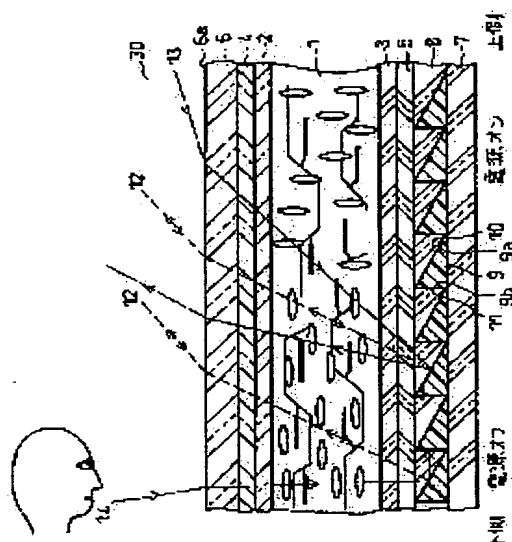
PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a reflective liquid crystal display device with high lightness of a white display, a high contrast ratio, an easily visible multicolor display and moreover high productivity.

SOLUTION: The reflective liquid crystal display device is equipped with a pair of substrates 6, 7, a liquid crystal layer 1 held between the pair of substrates 6, 7 and reflection surfaces 10 with at least part of the upper side of one substrate of the pair of substrates 6, 7 or the upper side of a substrate adjacent to the one substrate inclined in the direction opposite to the user.

The device is constructed in such a way that the inner product of an orthogonal projection vector of the normal vector of the reflection surfaces 10 to the display surface and an orthogonal projection vector of a vector in the direction from the reflective liquid crystal display device toward the user to the display surface is  $\cdot 0$ . At

the same time the inclination angle between at least part of the reflection surfaces 10 and the horizontal plane of

the substrate is equal to or larger than  $\epsilon$  defined by the formula  $\epsilon = 1/2 \times \arcsin(n_0/n_1)$ , (where  $n_0$  is the refractive index of atmosphere,  $n_1$  is the refractive index of the substance to flatten the inclined surface) and is less than  $2 \times \epsilon$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本國特許庁 (JP)

(11)特許出願公開番号

特開2000-221497  
(P2000-221497A)

(43)公開日 平成12年8月11日(2000.8.11)

(5) Int.Cl.	識別記号	PI	チヨウシ <sup>(参考)</sup>
G 0 2 F 1/1335	5 2 0	G 0 2 F 1/1335	5 2 0
G 0 2 B 5/124		G 0 2 B 5/124	
G 0 9 F 9/00	3 2 4	G 0 9 F 9/00	3 2 4
	3 3 5		3 3 5 A

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全27頁)

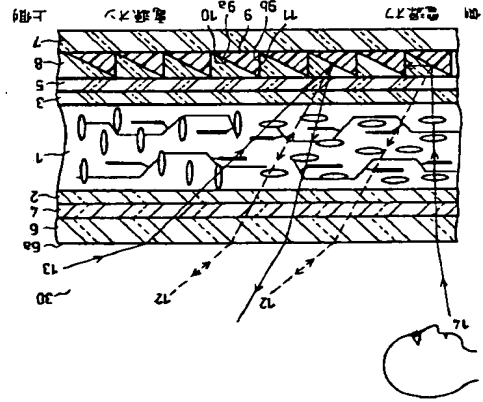
(21) 出願番号	特願平11-328908	(71) 出願人	000005049 シャープ株式会社
(22) 出願日	平成11年11月18日(1999. 11. 18)	(72) 発明者	大坂府大坂市阿倍野区長池町22番22号 箕浦 潔
(31) 優先権主張番号	特願平10-337453	(74) 代理人	100080034 ヤープ株式会社内
(32) 優先日	平成10年11月27日(1998. 11. 27)		
(33) 優先権主張国	日本(JP)		

## (54) 【発明の名称】 反射型液晶表示装置

(57)【要約】

【課題】 白表示の明度が高く、かつ、コントラスト比が高い、見やすい多色表示が可能で、さらに、生産性の高い反転型液晶表示装置を得る。

【解決手段】 一对の基板6・7と、該一对の基板6・7の間に挟持された液晶層1と、一方の基板6・7のうち一方の基板6もしくは一方の基板7に接した基板上の少なくとも一部が、使用者に対して反方向に傾斜した反射面10とを具備し、前記反射面10の法線ベクトルの表示面への正射影ベクトルと、反射型液晶表示装置から使用者方向へのベクトルの表示面への正射影ベクトルとの内積が0以下となるように構成され、かつ前記反射面10の少なくとも一部と基板6・7との法線ベクトルとの内積が0以下となるように構成され、かつ前記反射面10の少なくとも一部と基板6・7との法線ベクトルとの内積が、 $\theta = 1/2 \times \arcsin(n0/n1) \dots$  (但し、 $n0$ は大気中の屈折率、 $n1$ は傾斜面を平坦化する物質の屈折率) 以下となることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】一対の基板と、該一対の基板の間に挟持された液晶層と、一対の基板のうちの一方向の基板上に設けられた電極層と、一対の基板との間隙に傾斜した基板の少なくとも一部が、使用者に対して反側面側に傾斜した反射面を具備し、前記反射面に光線ベクトルの表示面へ正射影ベクトルと、反反射型液晶表示装置から使用者方向へのベクトルの表示面への正射影ベクトルとの内積が0以下となるように傾斜した角度が、かつ前記反射面の少なくとも一部と基板水平面となることがなされる構成。

$$\theta = 1/2 \times \arcsin(n_0/n_1) \quad \cdots \text{式1}$$

(但し、 $n_0$ は大気中の屈折率、 $n_1$ は傾斜面を平坦化する物質の屈折率)

式1で定義される $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項2】一対の基板と、該一対の基板の間に挟持された液晶層と、一対の基板のうちの一方の基板上にもしくは一対の基板に附設した基板との少なくとも一部が、使用者に対して傾斜に傾斜した反射面とを具備し、前記反射面の法線ベクトルの表示面への正射影ベクトルと、反射形成表示装置から使用者方向へのベクトルの表示面への正射影ベクトルとの内積が0以下となるように構成され、かつ前記反射面の少なくとも一部と基板水平面と、かつ前記反射面の少なくとも一部と基板垂直面と、

$$\theta =$$

少なくとも、前記反射面の一部は、前記境界面に対して、 $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の角度を成して配置されていることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項5】請求項1から4のいずれか1項に記載の反  
射型液晶表示装置において、

反射面を有する基板側の反射面を有さない部分が光吸収性を有する、かもしくは光吸収性を有する部位への導光特性を有することを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項6】請求項5に記載の反射型液晶表示装置において、

前記光吸収性を有する部位が太陽電池であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項7】請求項1から6のいずれか1項に記載の反

特微とする反射型液晶表示装置。

【請求項8】請求項1から7のいずれか1項に記載の反

射型液晶表示装置。

【請求項9】請求項1または2に記載の反射型液晶表示装置において、  
前記一対の基板が両基板とも光透過性を有し、少なくとも

とがなす傾斜角が、20度以上30度以下であることを、  
特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項3】外部光が入射する境界面を含む基板と、人射した光を反射する反射面と、前記基板および反射面の間に挟持された液晶層とを有する反射型液晶表示装置において、

前記配置図が入射光に対して透過状態にある場合、前記外部光前記基板の境界面に対して垂直に入射し、前記反面面で見られ、前記境界面において全反射されるように前記反面面を配置したときの、前記境界面に対して前記反面面が成す角度を $\theta$ とすると、 $\theta$ 少なくとも、前記反面の一部は、前記基板に対して、 $90^\circ$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の角度を成して配置されていることを特徴とする反射増強型表示装置。

【請求項4】外部層との境界面を含む基板と、前記境界面に平行な液晶層とを有する反射型液晶表示装置において、

前記液晶層を介して前記基板に対向し、前記基板の境界面に対して平行に配置された透明膜と、前記透明膜に埋設された反射面とを有し、前記外部層の屈折率を $n$ 、前記透明膜の屈折率を $n_1$ とし、

$$0/nl) \dots \text{式}l$$

も一部に反射面を有する基板が弦一対の基板とは別の外付け可能な部材より構成されることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項10】請求項1から9のいずれか1項に記載の  
反射型液晶表示装置において、  
前記液晶層が散乱型液晶層であり、  
該液晶層が入射した光を透過させる状態と散乱させる状態とを切り替えることにより表示を行うことを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項 1】請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の  
反射型液晶表示装置において、

り、該液晶層が入射した光を透過させる状態と前記層構造に起因して反射させる状態とを切り替えることにより表示を行うことを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項 12】請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の反射型液晶表示装置において、

前記反射面の傾斜方向が前記基板に平行な面内で回転可能であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項 13】請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の反射型液晶表示装置において、

前記液晶層を介して前記反射面に対向する前記基板に、特定方向から入射する光を反射する反射体が設けられており、

前記特定方向が前記基板に対して成す角度は、前記基板

(3)

に垂直に入射して前記反射面によって反射される光の進行方向が前記基板に対して成す角度と、前記反射面の法線方向が前記基板に対して成す角度との間であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項14】請求項13に記載の反射型液晶表示装置において、

前記反射面が干渉性反射面であり、前記干渉性反射面に入射する光が通過する位置に、さらに、吸収型カラーフィルターが設けられていることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項15】請求項14のいずれか1項に記載の反射型液晶表示装置において、

前記液晶層が表示の最小単位である画素に区分されており、

前記反射面のピッチが前記画素のピッチ以下であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項16】外部光が入射する表示面と、該表示面に対向する位置に設置され、入射した光を反射する反射面と、前記表示面および前記反射面の間に設置された液晶層とを有する反射型液晶表示装置において、

前記反射面が前記表示面に対して傾斜して配置されており、

前記反射面が前記表示面と平行な面内で回転可能であることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射型液晶表示装置に関し、特に偏光板を用いず、表示を行う反射型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、薄型、軽量等の特徴を有するカラーディスプレイとして液晶表示装置が数多く用いられている。その中でも特に、反射型液晶表示装置は、バックライトを必要としないため光源用電力が削減可能であり、さらにバックライトのスペースや電量が節約できる等の特徴を有しているため、軽量薄型を目的とする機器に適している。

【0003】また、表示面のコントラスト特性の面から見ると、CRT等では、日中の屋外で大幅なコントラスト比の低下が見られたり、低反射処理の施された透過型液晶表示装置においても、直射日光下等の周囲光が表示光に比べて非常に強い場合には、同様に大幅なコントラスト比の低下が避けられない。これに対し、反射型液晶表示装置は、周囲光量に比例した表示光が得られ、視覚情報端末機器やデジタルカメラ、携帯ビデオカメラ等の屋外での使用には、特に好適である。

【0004】上記のような非常に有望な応用分野を有しながら、十分なコントラスト比や反射率、フルカラー化、高解像度表示や動画への対応等の性能が十分でないため、現在まで十分な実用性を有する反射型カラー液晶表

黒表示を与えることによって白黒表示を行うものである。

【0010】特開平10-10528号公報には、反射率が一律でなく周回性をもたせた反射板の上に高分子分散型液晶を配置した反射型液晶表示素子が開示されている。

【0011】特開平9-90352号公報には、光吸収体の上に、基板面に対して傾斜角を持つ反射体を配置し、さらにその上に高分子分散型液晶を積層させる構成をとった液晶表示素子が開示されている。この方式についても、白表示は電圧無印加時の高分子分散型液晶の高乱状態を利用するものであり、黒表示は電圧印加時の高分子分散型液晶の透過状態を利用し、該光吸収体に光が吸収されることから得られる。

【0012】また、特開平9-90352号公報においては反射体形状について、平面形状でなく、基板面に対して傾斜角を持つ反射体を用いているが、さらに特開平10-20290号公報には反射体形状が多角形または円錐形状であることを特徴とした液晶表示装置が開示されている。

【0013】また、特開平5-134266号公報においては、液晶層と高分子材料層とを積層させ、各層の屈折率差と層間隔とに基づき干渉性による反射を利用した表示素子が開示されている。

【0014】また、特開平9-281477号公報においては、所定の角度をなして入射する白色光を波長分散させて分光するホログラムを利用した反射型視覚カラー表示装置が開示されている。

【0015】また、特開平8-320480号公報においては、光吸収タイプのカラーフィルターと光反射タイプのカラーフィルターとを積層したことを特徴とするカラー表示装置が開示されている。

【0016】一方、特開平7-159778号公報においては、波長選択性反射体の下に太陽電池を配置したことを特徴とする反射型カラー表示装置が開示されている。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記特開平7-104250号公報に開示された液晶表示装置においては、白表示に際して、高分子分散型液晶から後方に散乱される光しか白表示に寄与しておらず、前方に散乱される光はすべて黒色基板に吸収されてしまうため、実際には光の利用効率は著しく低下する。

【0018】前記特開平10-10528号公報に開示された反射型液晶表示装置においては、黒表示に際して、高分子分散型液晶を透過した光が完全には吸収されないため、十分に暗い黒表示を得ることができずコントラストが低下してしまう。

【0019】これらの問題を解決したものが、前記特開平9-90352号公報に開示された液晶表示素子であ

る。この構成により、十分暗い良好な黒表示を得ることができるが、白表示に際しては、基板水平面に対する反射面の傾斜角が42度以上あり、入射光が散乱されて観察者側に戻ってくるには、液晶層の散乱効率が極めてよくなければ十分な明度が期待できない。すなわち、実用的な液晶層の散乱効率では、散乱光は該液晶層を通過する光線の近傍で得られるが、一方、上記構成においては、いずれの方向から入射した光も液晶層を透過する光成分は全て該液晶表示素子内で吸収され該液晶表示素子外に出射されることはないため、散乱光その大半が該液晶表示素子内で吸収されるか、該液晶表示素子外に出射されても観察者側には戻ってこない。故に上記構成においては十分な明度が期待できない。その対応として、例えば液晶層を厚くするなどの手段があるが、液晶層を厚くすることにより駆動電圧が高くなってしまう不利が生じてしまうため、実用的ではなくなる。また、反射膜の面積を空ける構成をとっているが、反射膜面について、光吸収体の直上に高分子分散型液晶が配置されることで、光吸収体の前記特開平7-104250号公報と同様の理由により、十分に明るい白表示が期待できない。

【0020】また、特開平10-20290号公報に開示された液晶表示装置においては、光吸収層を有さないため、偏光板や2色性色素などを用いないモードにおいては、良好な黒表示を得ることができないという問題がある。また、反射面の傾斜角についての角度限定や反射面の形状について、多角形または円錐であること以外の明確な記述がなされていない。

【0021】また、特開平5-134266号公報に開示された表示素子においては、白表示の際、表示素子に対して垂直に入射する光を表示素子観察者側に反射させるためには、液晶層および高分子材料層の屈折率差と層間隔との積を可視光波長領域にまで狭くせねばならない。ここで、該公報には、駆動電圧に関する明確な記述はなされていないが、一般に液晶層および高分子材料層の層間隔が狭いと駆動電圧が高くなる傾向にあるため、この場合においても、駆動電圧が高くなるという問題点を有している。さらに、表示素子に対して斜めに入射する光に対しては、反射波長が短くなってしまいうという問題もある。

【0022】また、特開平9-281477号公報に開示された反射型視覚カラー表示装置においては、ある特定の方向から入射してきた光を分光して、それぞれ特定のカラーフィルターに入射させるために2種類のホログラムが必要となり、作りこみ精度やコストの面で不利となる。また、このホログラムを用いた場合には、特定の方向以外からの光に対して異なる波長の成分を反射するため、カラーフィルターとしての色純度を落としてしま

う。

【0023】また、特開平8-320480号公報に開示されたカラー表示装置においては、光反射タイプのカ

(5)

ラーフィルターで反射される光について、その入射座角については特に考慮されておらず、明確な記述がなされていない。また、反射型カラー表示装置として用いた場合は、カラーフィルターについて、例えば該公報の実施例にあるように赤と青の補色であるシアアンとの組み合わせなどしか用いることができず、フルカラーには対応していない。

【0024】一方、特開平7-1597778号公報に関示された反射型カラー表示装置においては、液晶層の配置に関する明確な記述がなされていないが、カラー表示として良好な黒表示を保证するには、該公報の実施例にあるように偏光板などの光吸収性をもつ光学素子を配置する必要があり、実質的に太陽電池に入射する光強度は落ちてしまう。

【0025】そこで、本発明は上記課題を解決する為になされたものであり、白表示の明度が高く、かつ、コントラスト比が高く、見やすい多色表示が可能で、さらに、生産性の高い反射型液晶表示装置を得ることを目的とする。

【0026】

$$\theta = 1/2 \times \arcsin(n0/n1) \cdots \text{式1}$$
(但し、 $n0$ は大気中の屈折率、 $n1$ は傾斜面を平坦化する物質の屈折率)

式1で定義される $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満であることを特徴とする。

【0028】このように構成することにより、散乱状態もしくは反射状態が明度が高く、かつ色付きの少ない良好な白表示を実現することができる。

【0029】本発明の反射型液晶表示装置は、上記の課題を解決するために、一対の基板と、該一対の基板の間を挟まれた液晶層と、一対の基板のうちの一方の基板上もしくは一方の基板に隣接した基板上の少なくとも一部位が、使用者に対して反対側に傾斜した反射面とを具備し、前記反射面の法線ベクトルの表示面への正射影ベクトルと、反射型液晶表示装置から使用者方向へのベクトルの表示面への正射影ベクトルとの内積が0以下となるように構成され、かつ前記反射面の少なくとも一部と基板水平面とがなす傾斜角が、 $20^\circ$ 以上 $30^\circ$ 以下であることを特徴としている。

【0030】上記の構成では、反射面の少なくとも一部と基板水平面とがなす傾斜角を $20^\circ$ 以上 $30^\circ$ 以下に設定することによって、屈折率値が一般的でない、特殊な材料を用いることなく、黒保証領域、すなわち、反射型液晶表示装置において液晶層が透過状態にある際に黒表示が保証される角度領域を、最適な範囲にすることができ、したがって、黒表示および白表示を共に向上させることができる。

【0031】その結果、良好な黒表示および白表示により、コントラストを向上させることができ、表示品位の高い反射型液晶表示装置を提供することができ、

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は上記目的を達成するために、本願発明者は鋭意検討した結果、該液晶表示装置の表示面に対して傾斜した反射面を用いて、偏光板を使用せず良好な白表示と黒表示とが両立する構成を見出した。この構成は、高分子分散型液晶を用いた液晶表示装置に限らず、透過状態と散乱状態もしくは反射状態の間でスイッチングする全ての表示装置に有効である。

【0027】本発明の反射型液晶表示装置は、上記の課題を解決するために、一対の基板と、該一対の基板の間を挟まれた液晶層とを有し、該基板の一方の基板上もしくは該基板の一方の基板に隣接した基板上の少なくとも一部が反射性を有し、反射面が該反射型液晶表示装置の使用者に対して反対側に傾斜しており、すなわち傾斜反射面の法線ベクトルの表示面への正射影ベクトルと、該反射型液晶表示装置から該液晶表示装置の使用者に向くベクトルの表示面への正射影ベクトルとの内積が負になるように構成されており、かつ該反射面の少なくとも一部と基板水平面とがなす傾斜角が、

$$\theta = 1/2 \times \arcsin(n0/n1) \cdots \text{式1}$$

【0032】本発明の反射型液晶表示装置は、上記の課題を解決するために、外部光が入射する境界面を含む基板と、入射した光を反射する反射面と、前記基板および反射面の間に挟まれた液晶層とを有する反射型液晶表示装置において、前記液晶層が入射した光に対して透過状態にある場合に、前記外部光が前記基板の境界面に対して垂直に入射し、前記反射面で反射され、前記境界面において全反射されるように前記反射面を配置したとき、前記境界面に対して前記反射面が成す角度を $\theta$ とすると、少なくとも前記反射面の一部は、前記基板に対して、 $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の角度を成して配置されていることを特徴としている。

【0033】上記の構成によれば、外部光が境界面に対して垂直に入射し、液晶層を透過する場合に、その光が反射面で反射され境界面で全反射されるように設定され、かつ、いずれかの方向から入射した外部光が本反射型液晶表示装置外へ出射されるように設定されたときの境界面と反射面との成す角度を $\theta$ とすると、反射面は、境界面に対して、 $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の角度を成して設置されている。

【0034】上記の構成では、液晶層が光を透過する状態にある場合に、外部光が入射したとき、その光が反射面で反射されることにより外部に入射する方向を制限することができる。

【0035】すなわち、境界面と反射面との成す角度を $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満とすることによって、任意の方向から境界面に入射し、反射面で反射された光は、境界面から出射する際に、その反射面に対して、反射面の傾斜方向（反射面の法線方向の境界面に対する正射影方向を指

すものとする、以下においても同様）側に入射することがになり、反射面の傾斜方向とは反対側に入射することが抑制される。

【0036】なぜなら、 $\theta$ の定義より、反射面の傾斜方向と反対側に境界面から出射する光の光路は、液晶層側から境界面に向かって反射面の傾斜方向とは反対方向に進み、境界面にて全反射される光路となるが、上記構成では、外部光が反射型液晶表示装置内においてこのような光路とより近い方からである。

【0037】したがって、液晶層が入射光を透過する状態にある場合に、境界面に対して垂直方向から本反射型液晶表示装置を観察するものとすると、この観察方向へは光が出射されないため、良好な黒表示を得ることができる。

【0038】一方、液晶層が光を、例えば散乱や反射する状態にある場合には、入射した光の進行方向が液晶層によって変更されるため、観察方向へも光が出射されることになり、白表示を得ることができる。ここで、上記のように液晶層が光を散乱や反射する場合であっても、この効果のみによって液晶層に入射する光のすべてを境界面から出射させることは困難であり、光の一部は反射面に達することになる。

【0039】そのため、反射面に達した光を白表示に寄与させることにより、白表示の明度を向上させる必要がある。ここで、反射面が境界面に対して成す角度が大きいと、反射面によって反射された光は、反射面の傾斜方向側であり境界面と平行な方向側に片寄ることになり、白表示の際に上記観察方向に達する光量は少なくなってしまうが、反射面が境界面に対して成す角度を小さくしたと、しかし、この角度を小さくし過ぎる必要があり、白表示においても上記観察方向に光が漏れることとなるため、黒表示を損ねることになる。

$$\theta = (1/2) \times \arcsin(n0/n1) \cdots \text{式1}$$

式1を満たす $\theta$ を定義したとき、少なくとも前記反射面の一部は、前記境界面に対して、 $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の角度を成して配置されていることを特徴としている。

【0045】上記の構成によれば、境界面に対して平行な液晶層および透明膜が備えられおり、透明膜には反射面が埋設されている。少なくともこの反射面の一部は、境界面に対して、上記式1を満たす $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の角度を成すように設置されている。

【0046】上記の構成では、液晶層が光を透過する状態にある場合に、境界面の法線方向に対して反射面の傾斜方向側に傾いた方向から入射した光は、境界面から出射される際に、反射面の傾斜方向側に入射される。また、境界面の法線方向に対して反射面の傾斜方向と逆側に傾いた方向から入射し、反射面で反射された光は、境界面と全反射されることにより境界面から出射されない。

【0047】したがって、液晶層が光を透過させる状態

【0040】これに対して、上記の構成により反射面が境界面に対して成す角度を設定することで、黒表示を損ねることなく白表示の明度を向上させることができる。

【0041】特に、反射面が境界面に対して成す角度を上記条件の範囲内で小さくすると、すなわち $\theta$ に近付けることにより、黒表示を損ねない範囲において白表示の明度を最大限に向上させることができるため、観察方向へ出射する光の光量を大きくすることができ、従来の反射型液晶表示装置に比べて良好な白表示を得ることができる。また、反射面が境界面に対して成す角度の上限については、 $2 \times \theta$ 未満とする。これは、実用的な液晶層の散乱効果では、散乱光は該液晶層を透過する光線の近傍で得られるため、十分な明度の白表示を得るには、本反射型液晶表示装置に入射し、液晶層を透過した光線が、黒表示を損ねない範囲で本反射型液晶表示装置外に出射することにより、黒表示および白表示を共に向上させることができる。

【0042】したがって、上記の構成では、黒表示を損ねることなく白表示の明度を最大限に向上させることができるため、黒表示および白表示を共に向上させることができる。

【0043】その結果、良好な黒表示および白表示により、コントラストを向上させることができ、表示品位の高い反射型液晶表示装置を提供することができる。

【0044】本発明の反射型液晶表示装置は、上記の課題を解決するために、外部層との境界面を含む基板と、前記境界面に平行な液晶層とを有する反射型液晶表示装置において、前記液晶層を介して前記基板に向い、前記基板の境界面に対して平行に配置された透明膜と、前記透明膜に埋設された反射面とを有し、前記外部層の屈折率を $n0$ 、前記透明膜の屈折率を $n1$ とし、

$$\theta = (1/2) \times \arcsin(n0/n1) \cdots \text{式1}$$

にある場合には、反射面の傾斜方向に対して逆側に光が出射されることはない。このため、上記した反射型液晶表示装置と同様に、境界面に対して垂直方向から本反射型液晶表示装置を観察するものとすると、この観察方向へは光が出射されないため良好な黒表示を得ることができ、

【0048】一方、液晶層が光を、例えば散乱や反射する状態にある場合には、上記した反射型液晶表示装置と同様に、白表示を得ることができ、反射面が境界面に対して成す角度を $\theta$ に近付けることにより、良好な白表示を得ることができる。また、反射面が境界面に対して成す角度の上限については、 $2 \times \theta$ 未満とする。これは、実用的な液晶層の散乱効果では、散乱光は該液晶層を透過する光線の近傍で得られるため、十分な明度の白表示を得るには、本反射型液晶表示装置に入射し、液晶層を透過した光線が、黒表示を損ねない範囲で本反射型液晶表示装置外に出射することが望ましい。そのために

(7)

は、反射面が境界面に対して成す角度は式1で定義される $2 \times \theta$ より小さいことが必要である。

【0049】その結果、良好な黒表示および白表示により、コントラストを向上させることができ、表示品位の高い反射型液晶表示装置を提供することができる。

【0050】上記の反射型液晶表示装置は、上記構成に加え、反射面を有する基板側の反射面を遮さない部分が光吸収性を有する、もしくは光吸収性を有する部位への透光特性を有することを特徴とする。

【0051】このように構成することにより、透過状態で、該反射型液晶表示装置の使用側から観察して良好な黒表示を実現することができる。

【0052】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、前記光吸収性を有する部位が太陽電池であることが好ましい。

【0053】太陽電池は、可視光領域の光を効率良く起こ電力に変換できるものと黒色である。上記の構成ではこのことを利用して、太陽電池を光吸収性を有する部位に使用するものである。また、太陽電池以外の光吸収性を有する光素子を配置せず、表示面の下に太陽電池を配置することにより、太陽電池の面積を大きくとることができ、より多くの入射光を効率良く電気エネルギーに変換することができる。

【0054】このように、本反射型液晶表示装置では、太陽電池を表示装置に一体化することで表示装置の駆動に必要な電力のすべてまたは一部を太陽電池でまかなうことができるため、電源に要するスペースを縮小して装置の小型化を図ることができる。

【0055】上記の反射型液晶表示装置は、上記構成に加え、少なくとも一部に反射面を有する基板の反射限のある傾斜面の法線ベクトルが一方の方向のみ向いておらず、複数の方向を向いていることを特徴とする。

【0056】このように構成することにより、該反射型液晶表示装置に入射してくるより多くの外光を利用することが可能となり、より明度が高く、より入射光方向の依存性の小さい白表示が実現する。

【0057】さらに良好な白表示を得るために、上記の反射型液晶表示装置は、上記構成に加え、少なくとも一部に反射面を有する基板の反射限上に、透過性を有する高屈折率体を配置することを特徴とする。

【0058】このように構成することによって、反射面の傾斜角を小さく取ることができ、液晶層が散乱状態を取るとき、散乱光をより効率よく利用することが可能となる。また、高屈折率体で平坦化するなどの処理をすることにより、液晶の配向性を高めることが期待される。【0059】また、上記の反射型液晶表示装置は、上記の構成に加え、該一对の基板が同基板とも透過性を有し、少なくとも一部に反射面を有する基板が該一对の基板とは別に用意され、外付け可能であることを特徴とする。

(8)

【0070】上記の構成によれば、反射面の傾斜方向を基板に平行な面内で回転させることができるため、本反射型液晶表示装置に入射する外光の輝度分布に応じて、反射面の傾斜方向を最適な方向に調整することができる。つまり、外光を効率良く利用できるように調整することにより、白表示における明るさの向上を図ることができる。ここで、反射面の傾斜方向の回転は、反射面が設けられた基板ごと回転させるものであっても、各反射面単位で回転させるものであってもよい。

【0071】これにより、本反射型液晶表示装置では、使用環境に応じた良好な表示を行うことが可能となる。

【0072】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、前記液晶層を介して前記反射面に向向する前記基板に、特定方向から入射する光を反射する反射体が設けられており、前記特定方向が前記基板に対して成す角度は、前記基板に垂直に入射して前記反射面によって反射される光の進行方向が前記基板に対して成す角度と、前記反射面の法線方向が前記基板に対して成す角度との間であることが好ましい。

【0073】上記の構成によれば、反射体（ある特定方向から入射してくる光の進行方向を曲げる機能をもつ光学素子）によって、液晶層に入射する光のうち特定方向から入射する光を反射することにより、その光の進行方向を曲げることができる。これにより、特定方向から入射する光が反射型液晶表示装置から出射する方向を、よき基板に垂直方向側、言い換えれば観察方向側に傾けることができる。したがって、特定方向から入射する光が白表示に寄与する割合が大きくなり、白表示の明度が向上することになる。

【0074】こので、上記特定方向は、基板に垂直に入射して反射面によって反射される光の進行方向と反射面の法線方向との間となるように設定されている。このことと、上記した反射面の傾斜角の設定とにより、反射面の傾斜方向に対して逆側に光が出射されることがない。したがって、上記と同様に良好な黒表示を維持することができる。

【0075】反射体としては、例えばプログラムやルミシティーなどがある。主に干渉性による反射機能を利用するプログラムを反射体として用いた場合、上記の構成では、プログラムの機能として特定方向からの入射光の進行方向を曲げる機能があればよい。したがって、上記の構成では、従来の特開9-281477号公報に開示された技術のように分光機能を備えている必要はなく、プログラムが2層構造とならないため、作製精度やコストの面で有利となる。

【0076】また、上記反射体は、基板に対して回転可能であったとしてもよい。回転可能にすることにより、本反射型液晶表示装置に入射する外光の輝度分布に応じて、最も明るい外光をうまく扱うように調整することができる。より白表示の明度の向上を図ることができる。

【0077】前記反射体が設けられた上記の反射型液晶表示装置は、さらに、前記反射体が干渉性反射板であり、前記干渉性反射板に入射する光が通過する位置に、さらに、吸収性カラーフィルターが設けられていることが好ましい。

【0078】例えば、干渉性反射板としてプログラムを有いたとすると、特定の波長範囲については、ある一定の方向からの入射光のみを反射するようにプログラムを形成することができた場合でも、可視光全域にわたってある一定の方向からの入射光のみを反射するようにプログラムを形成することは困難な場合がある。

【0079】この際、上記とは異なる波長範囲の光は、上記とは異なる方向から干渉性反射板に入射した場合に反射されることがあり、これは表示特性を悪化させる原因になる。そこで、上記の構成によれば、干渉性反射板に入射する光を吸収性カラーフィルターによって通過させることになり、吸収性カラーフィルターを用いることによって、上記とは異なる波長範囲の光を吸収させることができる。したがって、この現象に対処することができる。

【0080】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、前記液晶層が表示の最小単位である画素に区分されており、前記反射面のピッチが前記画素のピッチ以下であることが好ましい。

【0081】上記の構成によれば、反射面のピッチが画素のピッチ以下であるため、製造工程において、反射面の一部に不良が生じていた場合であっても、その不良が表示に与える影響を軽減することができる。

【0082】例えば、反射面がアルミニウムの蒸着によって形成される場合では、反射面の頂点部分にアルミニウムが蒸着されると、その部分が光の散乱の原因となり得る。また、反射面の凹部には未蒸着部分が形成されやすく、その部分が白表示において黒く見え得る。

【0083】反射面のピッチが画素のピッチより大きい場合は、これらの不良台による表示画質への影響が目視においても認識されやすく、画質を著しく低下させることになる。そこで、本反射型液晶表示装置では、上記の構成によって、反射面の空間周波数を上げ、目視における反射面形状が認識されないようにすることと、上記のような製造上の不良台があつた場合でも、良好な表示位置を得ることが可能となる。

【0084】本発明の反射型液晶表示装置は、上記の課題を解決するために、外部光が入射する表示面と、該表示面に対向する位置に設けられ、入射した光を反射する反射面と、前記表示面および前記反射面の間に設置された液晶層とを有する反射型液晶表示装置において、前記反射面が前記表示面に対して傾斜して配置されており、前記反射面が前記表示面と平行な面内で回転可能であることを特徴としている。

【0085】上記の構成によれば、表示面から入射する光を反射する反射面が、表示面に対して傾斜して配置さ

(1)

れており、この反射面が表示面と平行な面内で回転可能となっている。

【0086】したがって、本反射型液晶表示装置を使用する際に、外部光の方向などに応じて反射面の方向を調整することができるため、反射面が表示に適切な条件となるように外部光を反射することが可能になる。その結果、本反射型液晶表示装置では、使用条件に応じて最適な表示を得ることができる。

【0087】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）以下、本発明の実施の形態を図面に即して説明する。

【0088】図1は本発明の実施の一形態にかかる光散乱型反射型液晶表示装置（特に、液晶パネル部分）の構成を示す断面図である。液晶層1は、透明なガラス板や高分子フィルムなどの光学的に等方性の材料からなる入射側基板（基板）6と、同様の材料からなる対向する側面反射側基板（基板）7とにより挟持される。反射側基板7上には、基板6・7に対して傾斜した傾斜面9aが形成された物体9が配置されており、該傾斜面9aの一部は反射面（反射板、反射膜、反射膜のある傾斜面）10となっている。さらに、該傾斜面9aは屈折率が1.5であるような透明な平坦化膜（平坦化膜層、透明膜、透光性媒体、高屈折率体）8によって平坦化されている。本実施の形態は平坦化膜8を用いた場合であるが、本発明を平坦化膜8を使用する形態に限定するものではない。

【0089】ただし、平坦化膜8により平坦化するなどの処理をすることにより、液晶層1における液晶の配向性を高めることができる。

【0090】ここで、入射側基板6は、空気層（外部層）30と液晶パネルとの境界を成しており、入射光（外部光）が液晶パネルに入射する境界面（基板水平面、表示面）6aを含む平行基板である。また、液晶層1は、入射側基板6と反射側基板7とに挟持されることにより、境界面6aに対して平行な層を形成している。さらに、平坦化膜8は、液晶層1側の面が境界面6aに対して平行となるように形成されている。

【0091】なお、上記の各層の界面がすべて境界面6aに対して平行である必要はなく、また、平坦化膜8が存在しないような場合であっても、反射面10を平坦化する物質（例えば液晶層1）が存在すればよい。

【0092】基板6・7には、それぞれ液晶層1に電圧を印加するための電極4と5が形成されており。電極対への電圧印加手段として、アクティブマトリクス等を用いてもよい。電圧印加手段に本発明が影響されないことは言うまでもない。さらに電極4と5上には、水平配向膜2と3が塗布され、液晶層1が電圧無印加状態で水平配向状態を実現するようにしてある。本実施形態の場合は、水平配向膜2と3を用いたが、配向膜の電圧を限定するものではない。

(10)

て、図1を用いて説明する。液晶層1に入射した入射光は、印加された電圧に対応して配向した液晶層1の散乱・透過状態にしたがって、反射面10に到達する。本実施形態においては、電圧無印加時に液晶層1が透過状態に、電圧印加時に液晶層1が散乱状態になるよう設定した。

【0099】まず、白表示（明表示、白状態、明状態）の動作について説明する。電源オン時（電圧印加時）、入射光が散乱状態の液晶層1に入射すると、液晶層1を透過する直進光および前方散乱された光は反射面10で反射された後、再び散乱状態の液晶層1を通過することにより散乱作用を受けるので、後方散乱された光のみでなく、多くの光が観察方向に戻ることになる。ここで、効率の悪い後方散乱だけでなく、液晶層1を透過する直進光および前方散乱された光を利用することにより、非常に明度の高い表示を得ることができる。

【0100】また、実際の液晶層1の屈率は駆動電圧の点から、ある程度深く設計する必要がある。液晶層1の散乱効率を完全散乱とみなすことは難しく、入射して光の多くは液晶層1を透過する直進光であるが、散乱されても、直進光の近傍に散乱される光が多い。よっ

$$\theta = 1/2 \times \arcsin(n0/n1) \quad \dots \text{式1}$$

出射光に法線法線方向から観察側から遠い方向（液晶パネルの上側）へ出射されることになり、この場合は観察者の目に観察されることはない。

【0101】また、反射面10と境界面6aとが成す角度の上限については、 $2 \times \theta$ 未満であることが好ましい。実用的な液晶層1の散乱効率を考慮すると、散乱光は液晶層1を透過する光線の近傍で得られるため、十分な明度の白表示を得るには、本反射型液晶表示装置に入射し、液晶層1を透過した光線が、黒表示を損なわない範囲で本反射型液晶表示装置外に出射するような条件に設定することが望ましい。そのためには、反射面が境界面に対して成す角度は式1で定義される $2 \times \theta$ よりも小さいことが必要である。

【0103】ここで、反射面10の傾斜角 $\theta$ （上記の式1を満たす値）は、入射側基板6にパネル上側から水平に入射する光があると仮定したときの入射光が、基板上に垂直方向に出射されるように決定したものである。ただし、 $n0$ は大気中（空気層30）の屈折率の大きさであり、 $n1$ は傾斜面9aを平坦化する物質（ここでは、平坦化膜8）の屈折率の大きさである。

【0104】つまり、空気層30から平坦化膜8に至る各層の各界面が、平行もしくは1つを除いて平行である場合には、空気層30から入射側基板6に入射する入射光の対向と、この入射光の平坦化膜8内での進行方向が境界面6aに対して成す角度との関係は、 $n0$ および $n1$ によって決定される。そして、式1を満たす $\theta$ は、液晶層1が透過状態の場合に、境界面6aに対して垂直に入射し、反射面10で正反射された光が、境界面6a

て、さらに明度の高い白表示を実現するためには、黒表示を損なわない範囲で、できる限り反射面10を入射側基板6に対して平行に近くすることが重要になる。

【0101】次に、黒表示（暗表示、黒状態、暗状態）の動作について説明する。電源オフ時（電圧無印加時）、入射光が透過状態の液晶層1を点線12（反射面）10に対して法線方向から入射する光のように観察者から遠い側（液晶パネルの上側）から、例えば実線13のように入射すると、空気層30から入射側基板6に入射した際に屈折作用を受け、液晶層1、平坦化膜8を通過し、またそれぞれの層における屈折率の違いに応じた屈折作用を受け、反射面10に到達する。その後、反射面10上で正反射され、同時に平坦化膜8、液晶層1を通過し、入射側基板6から空気層30へ、屈折作用を受け出し、射（実線13）する。図1では、点線12に沿って入射した光は、点線12に沿って出射するよう作用してある。この際、反射面10の傾斜角（反射面10と境界面6aとが成す角度）を、式1で決定される $\theta$ よりも大きい値（但し、 $2 \times \theta$ 未満）に設定しておけば、

に対して液晶層1側から境界角を成して入射するような光路をとる条件となる。

【0105】また、入射光が透過状態の液晶層1を点線12よりも観察者に近い側（液晶パネルの下側）から、例えば実線14のように入射すると、同様に空気層30から入射側基板6に入射する際、屈折作用を受け、液晶層1、平坦化膜8を透過し、光は垂直面9b上に形成された光吸収層11に直接入射して吸収される。これは、入射光の入射角度によって異なり、入射角度によっては、前述のように直接、光吸収層11に入射し吸収されるものもあれば、実線13に示す矢印と逆の光路をとるものもある。

【0106】もしくは空気層30と入射側基板6の間で全反射され、傾斜面9a上の反射面10と入射側基板6の間を反射を繰り返した後、光吸収層11に吸収される。か、点線12から入射側基板6に対して観察者側から遠い方向（液晶パネルの上側）へ出射されることになり、この場合も観察者の目に観察されることはない。

【0107】なお、図1においては、入射光が、空気層30から入射側基板6に入射する際に屈折する状態を折れ線で示し、他の各層の界面での屈折状態は省略して直線で示している。以下においても、適宜屈折状態を省略して直線で示す。

【0108】以上においては、上記で定義した観察方向で示し、他の各層の界面での屈折状態は省略して直線で示している。以下においても、適宜屈折状態を省略して直線で示す。



(11)

度で観察することにより、上記の理由から良好な黒表示を観察することができる。このようにして液晶パネルを観察する方向を、特に使用者方向とすると、上記条件は次のようになる。すなわち、使用者方向へのベクトルの境界面6aへの正射影ベクトルと、反射面10の法線ベクトルの境界面6aへの正射影ベクトルとの内積が0以下であることである。

【0109】また、図1において、反射面10が液晶パネルに固定されている構成を示したが、反射面10が反射側基板7とともに入射側基板6に対して回転可能な構成であってもよい。この場合、本反射型液晶表示装置の使用条件下において、入射光の方位と液晶パネルとの位置関係に応じて反射面10の傾斜方向を調整することにより、さらに良好な白表示を得ることが可能となる(後述する実施例4参照)。

【0110】ここで、図2に基づいて反射面10の回転機構の一例について説明する。図2(a)は、反射面10の回転機構を有する反射型液晶表示装置の平面図である。図2(b)は、(a)のA-A線矢視断面図である。なお、図2では、反射型液晶表示装置の駆動装置その他の構成要素を省略している。

【0111】本反射型液晶表示装置は、電極5および水平配向基板2を備えた基板24が設けられている。そして、この基板24と反射面10および光吸収層11が形成された物体0を有する反射側基板6(外付け可能な部材)7との間にマッチングオイル層25を挟持している。また、基板24および反射側基板7は、例えば反射側基板7に設けられたペーシング機構26を介して留め具27により固定されている。これにより、反射面10が反射側基板7とともに入射側基板6に対して回転可能となり、反射面10の傾斜方向を調整することができ

る。【0112】さらに、反射面10をデジタルミラーデバイス(DMD)などのマイクロメカニカル機構を用いて構成することにより、1画素単位で反射面10の向きを変更する機構とすることも可能である。

【0113】一方、各反射面10を配置するピッチに關しては、次の条件を満たすことが好ましい。すなわち、液晶層1は、実際の画像表示を行う際には電極4・5などによって表示の最小単位の領域である画素に区分されることがよく、反射面10のピッチをこの画素のピッチ以下にすることがよい。

【0114】上記条件を満たしておれば、製造工程において、反射面10の一部に不具合が生じていた場合であっても、その不具合が表示に与える影響を軽減することができる。例えば、反射面10の形成時において、反射面10の頂点部分にアルミニウムが蒸着され、その部分が光の散乱の原因となり得る。また、反射面10の凹部には未蒸着部分が形成されやす、その部分が白表示において黒く見え得る。しかし、上記の条件を満たす

ことで、反射面10の空間周波数を上げ、目視における反射面10の形状が認識されないようになり、上記のような製造上の不具合があった場合でも、良好な表示品位を得ることが可能となる。

【0115】以上に説明した構成においては、液晶の透過・散乱状態の光学作用を用いていることにより、液晶の視屈折効果を利用したモードと比較して、波長依存性の影響が小さいことも特長である。

【0116】これにより、本反射型液晶表示装置により、明度が高く、色度の整った白表示と良好な黒表示を得ることができる。

【0117】(実施例1) 実施例1として、上記条件で作製された、図1に記載の液晶表示装置において、反射側の投光軸の極角依存性を、図3に示してあるような投光器15および受光器16等からなる測定システムによって測定した。

【0118】投光器15は、反射型液晶表示装置に垂直な平面内で入射角(投光器15からの入射光の角度)αが変化しうるように設けられている。また、受光器16は、受光器16の受光角(受光器16の極角方向の角度)βが投光器15の入射角αが変化しうる平面と同一の平面内で変化しうるように設けられている。また、反射型液晶表示装置は、測定用の白(図示していない)上に載置され、方位角cの方向に沿って回転可能となっている。

【0119】ここで、投光器15の光軸と受光器16の光軸とが反射型液晶表示装置の境界面6a(図1参照)上において一致するものとする(以下において、この一致する位置を入射点と称す)。

【0120】入射角αおよび受光角βは、それぞれを0度とした場合において、投光器15から入射点へ向かう向きと、入射点から受光器16へ向かう向きとが一致するとともに、境界面6aの法線方向上向き(図1における入射側基板6から空気層30に向かう向き)を、入射角αおよび受光角βがそれぞれ0度となるように定義する。したがって、入射角αの正の向きと受光角βの正の向きは、互いに対向することになる。

【0121】そして、入射角αおよび受光角βの方向を極角方向と称する。また、境界面6a内において、入射点を中心にして、境界面6aに向かつて反時計回りに方位角cを定義する。

【0122】また、上記測定システムを用い、傾斜した反射面10(図1参照)の法線と反射側基板7の法線とがなす平面内で入射角αを5度から85度まで5度おきに变化させ、受光角βを0度に固定した状態で、反射型液晶表示装置の入射角方向の反射グレイン(アルミナからなる標準白色板(完全拡散反射板))の反射輝度を100%としたときの相対反射輝度)特性の測定結果を図4に示す。反射面10の傾斜角が30度(曲線3-1)と45度(曲線3-2)の2通りの場合であり、形状について

は図5に示したものをを用いた。ここでは、反射型液晶表示装置に電圧を印加して、測定した。

【0123】なお、図5に示した反射面10の形状は、断面形状が図1の場合と同様であり、反射側基板7に対して、ほぼ垂直な光吸収層11と上記各傾斜角を成す反射面10とが周期的に配置されて形成されている。この周期的な形状の最小単位は、反射側基板7、光吸収層11および反射面10により囲まれた、断面形状が直角三角形である三角柱状の形状である。

【0124】この結果から、実際に該反射型液晶表示装置を使用することを想定し、該反射型液晶表示装置に周知から等方的に光が入射してくるとして、得られたデータの平均値を計算すると、前者(30度)の反射率が120%、後者(45度)の反射率が15%となり、傾斜角を変化させる(具体的には、傾斜角を小さくする)ことにより、大幅に反射輝度が向上することがわかった。

【0125】本実施例では反射面10直上に屈折率が1.5の平坦化膜8を配置させており、式1を用いて計算すると、良好な黒表示を保つ上で許される反射面10の傾斜角の最小値は、21度となる。本実施例では、傾斜角として30度と45度ものを用いたが、反射面10の傾斜角を21度まで小さくすることによって、より反射輝度を向上させることが期待できる。

【0126】また、反射面10直上に配置させる平坦化膜8の屈折率を大きくすることで、良好な黒表示を保つ上で、許される反射面10の傾斜角の最小値をさらに小さくすることが可能となり、さらなる明度の向上が期待できる。例えば、屈折率1.66の平坦化膜8を使用した場合には、傾斜角を18.5度まで小さくすることができ

る。【0127】なお、平坦化膜8の屈折率が1.5および1.66の場合において、それぞれ反射面10の傾斜角の上限を42度未満および37度(2×θに相当)未満に設定することにより、反射輝度の向上効果が得られることになる。

【0128】従来の技術として上記特開平9-90352号公報に開示されている技術では、境界面6aに対する反射面10の傾斜角が42度以上と設定しているが、本実施の形態においては、傾斜角の下限および上限を式1に基づいて規定することにより、良好な黒表示を維持しつつ、白表示における明度を飛躍的に向上させることが可能となった。

【0129】(実施例2) 次に、黒表示の性能に關して説明する。黒表示は、上記したように反射面10の傾斜角と平坦化膜8の屈折率n1とに依存している(式1参照)。そこで、図1に示した液晶パネルで、屈折率n1が1.5、1.8および2.2の場合において、傾斜角が24、20、16、13(n1=2.2のとき)、12(n1=1.5および1.8のとき)度となるように構成したときの反射輝度率の極角方向に対する変化を調

べた(測定方法は実施例1参照)。

【0130】結果を図6から図8に示す。図6から図8は、黒表示時にける極角方向に対する反射輝度率の変化を屈折率および傾斜角ごとに示したグラフである。なお、図6から図8においては、反射輝度率を各屈折率n1および各傾斜角における反射輝度率の最大値を1とした場合の相対値(比)で示している。また、図6から図8は、それぞれ、n1が1.5、1.8、および2.2の場合に対応している。

【0131】各図より、n1が1.5、1.8、2.2の場合に、極角方向が本液晶パネルの法線方向より液晶パネル上側の範囲内で反射輝度率が0となる領域が存在する傾斜角は、それぞれ20度以上、16度以上、13度以上であることが分かる。

【0132】また、式1によるθの値は、n1が1.5、1.8、2.2の場合にそれぞれ21、17、14度である。これらの値と各図とを比較すると、観察者が本液晶パネルを法線方向から観察するとき、反射面10の傾斜角をθにより得られる値に設定することにより、良好な黒表示が得られることがわかる。

【0133】また、上記の実施例1で示したように、反射面10の傾斜角を小さくすることにより、明るい白表示が得られることから、平坦化膜(高屈折率膜)8は、屈折率n1が1より大きく、無色透明である限りより高い屈折率n1(例えばn1=1.0)からなる部材ではn1=1.3程度)を有する材料で形成することが好ましい。つまり、平坦化膜8は、透過性を有し屈折率が1より大きく、3以下である屈折率体であることが好ましい。

【0134】以上のように、式1により得られる値を考慮して反射面10の傾斜角を設定することにより、黒表示を良好な状態に維持するとともに、より明るい白表示を得ることができ、画質の良好な反射型液晶表示装置を形成することが可能となる。

【0135】(実施例3) 次に、実際の使用を考慮した上で、反射面10の傾斜角としてさらに好ましい値を求めた。ここでは、黒保証領域の面から傾斜角を行った。まず、黒保証領域について図18に基づいて説明する。図18は、黒保証領域を表す概念図である。なお、図18では、図1に示した液晶パネルを簡略化して図示している。

【0136】黒保証領域とは、液晶パネルにおいて、液晶層1が透過状態、すなわち黒表示の状態にある際に、黒表示が保証される角度領域を指している。なお、この角度領域は、液晶パネルの下側からの角度をもつて表す。

【0137】この黒保証領域は、実際に液晶パネルを使用する際に視野角範囲(黒表示が保証される視野角範囲)が狭くなるなどの問題が生じない範囲内で、極力小さく設定される必要がある。これは、黒保証領域が大きくなりすぎると、白表示時の明るさが低減するためであ



(13)

る。したがって、黒保証領域は、大きすぎても小さすぎても好ましくない。

【0138】具体的には、黒保証領域の限界（黒保証領域の最大角度）が97度未満である場合は、液晶パネルを見る角度によってかなり黒表示が甘い状態、すなわち、黒表示時に光が漏れる状態となる。また、黒保証領域の限界が106度を越える場合は、白表示時の明るさの底域を促すことになる。したがって、黒保証領域の限界は、97度以上、106度以下の範囲に設定されることが最も好ましいと考えられる。

傾斜角 (度)	屈折率						
	1.34	1.4	1.5	1.6	1.7		
19	76	79	84	89	93		
19.5	78	81	86	91	95		
19.9	79	82	87	92	96		
20	79	82	87	92	97		
20.5	80	84	89	94	98		
20.9	81	85	90	95	100		
22.4	85	89	94	100	105		
24	90	93	99	105	111		
25.9	95	99	105	111	118		
26.4	96	100	107	113	119		
28.1	101	105	112	119	126		
29	103	108	115	122	129		
29.5	104	109	116	124	132		
29.7	105	110	117	124	132		
29.9	106	110	118	125	133		
30	106	110	118	126	134		
30.5	107	112	120	127	136		
31	109	113	121	129	138		
31.5	110	115	123	131	140		

【0141】ここで、平坦化膜8としては、一般的に用いられているものとして、屈折率n1が1.34から1.7の範囲のものについて調べた。表1より、傾斜角がおよそ20度から30度の範囲であれば、上記の各屈折率を有する平坦化膜8のいずれかを用いて黒保証領域の限界を上記範囲内に設定することが可能となることが分かる。

【0142】したがって、一般的に容易に使用可能な平坦化膜8を用いて黒保証領域の限界を97度以上、106度以下の範囲に設定するためには、傾斜角を20度以上、30度以下に設定することが好ましい。

【0143】なお、本実施例では、上述のように、平坦

(14)

化膜8が存在しないような場合における反射面10を平坦化する物質（例えば液晶層1）に関しても便宜的に平坦化膜8と称している。また、黒保証領域の限界が97度以上、106度以下の範囲内にある場合には、傾斜角がθ（式1参照）以上、2×θ未満という上記条件を満たすことになる。

【0144】以上より、図1に示した液晶パネルにおいて、反射面10と境界面6aとが成す傾斜角が、20度以上、30度以下であることが好ましい。このように傾斜角を設定することにより、屈折率値が一般的でない、特殊な材料を用いることなく、黒保証領域を最適な範囲とすることができ、良好な黒表示および白表示を得ることができ。

【0145】（実施例4）次に、図1および図5にて示した液晶パネルにおいて、白表示に寄与する外光の方位についての知見を得るべく、図3の測定システムを用いて、液晶層1への電圧印加時（完全並射入射時）に、正面方向（受光角b＝0度）で観察した白表示の輝度率を各入射光の方位別に測定した。なお、本実施例においては、反射面10の傾斜角を30度とし、反射面10上の平坦化膜8としては屈折率n1＝1.33のものを用いた。

【0146】ここで、反射面10の法線と反射側基板7の法線とを含む平面における液晶パネル上側を方位角c＝0度の方向とし、方位角c＝－90、－45、0、45、90度の各方位から投光器15により光を入射させ、受光器16により受光される光量を測定した。入射光の入射角aは、各方位角cにおいて、0度から80度まで変化した。その結果を図9に示す。

【0147】図9は、上記の各方位において、入射角aを変化させたときの輝度率変化を示すグラフであり、横軸は入射角aを示しており、縦軸は、それぞれの方位から光を入射させた際の、正面方向（受光角b＝0度）で受光器16により受光した輝度率、すなわち、完全並射入射板との比を示している。また、曲線9－1、曲線9－2、曲線9－3、曲線9－4、曲線9－5は、それぞれ、投光器15による光の入射方向が方位角c＝－90、－45、0、45、90度の場合を示している。

【0148】この結果より、本液晶パネルの方位角c＝0度の方向（パネル上側）周辺、かつ入射角a＝70度の方向周辺からの投光器15により光を入射させた場合に、輝度率が3を越えており、白表示に大きく寄与することがわかる。

【0149】本液晶パネルを実際の使用条件下で用いる場合には、液晶パネルに入射する外光の入射方向は照明等の位置により変化する。したがって、前述のように、本液晶パネルに反射面10の方位を調整可能な機構を設け、使用環境にあわせて反射面10の方位を最適な方向に調整することにより、白表示をより明るくすることができ、本液晶パネルの表示品位を向上させることができ

る。

【0150】（実施例5）実施例5として、上記条件の下で作製された、図1の液晶表示装置において、反射面10の投光角の方位角依存性を、実施例1で用いた測定システムと同様のシステムによって測定した。

【0151】本実施例においては、反射面10の傾斜角は30度とし、反射側基板7上に形成された反射面10の形状については、図1において底面に垂直な方向に傾造をもたせており、図5と図10に示した2通りの場合について検討を行った。

【0152】ここで、図5に示した形状は、実施例1の場合と同様である。また、図10に示した形状は、底面が六角形であり、側面を反射側基板7側にして、底面が反射側基板7と平行になるように配置した状態を考えたときに、この六角形の連続する3つの側面が反射面10a・10b・10cを成し、残りの3つの側面が光吸収層1a・11b・11cを成すような形状を最小単位とし、これを平面的に最密充填して配置したものである。そして、反射面10bの法線ベクトルの境界面6aへの正射影が、液晶パネルの上側となるように配置した。

【0153】したがって、反射面10の形状（反射板形状）が図5に示した形状であるときは、その法線ベクトルが単一の方向であるのに対し、図10に示した形状であるときは、その法線ベクトルが複数の方向（図10の場合は3方向）を向いていることになる。

【0154】まず、傾斜した反射面10（図10の場合）は反射面10bの法線と反射側基板7の法線とがなす平面を、方位角cが0度の方向と平行に配置したとき（液晶パネルの上側を方位角cが0度の方向としたとき）、方位角cを－80度固定した状態で、入射角aを5度から85度まで5度おきに變化させ、受光角bを0度に固定した状態で、反射型液晶表示装置の入射角方向の反射ゲイン（アルミナからなる障壁白色板（完全並射反射板）の反射輝度を1としたときの相対反射輝度）特性を測定し、その平均値を算出し、さらに、方位角cを5度おきに80度まで同様の測定を行った。反射面10の形状が図5（曲線11－1）の場合と、図10（曲線11－2）の場合の測定結果を、図11にまとめて示す。

【0155】以上から、反射面10の法線ベクトルの方向（特に方位角方向）に、異方向を持たせることにより、本反射型液晶表示装置は、入射光方位からの影響が少なくなることがわかった。

【0156】つまり、任意の方向から液晶パネルに入射する光を利用することが可能となり、入射する光の方向によらず平均的に反射輝度を向上させることができる。

【0157】本実施例の反射面10上に形成された傾斜面9aの形状（反射角）および光吸収層11の形状は、以上に述べた二通りであったが、反射側基板7上に形成された傾斜面9aの構造体の一単位に対して、

(15)

反射面10と光吸収層11の組み合わせ、また、それぞ  
れの面の法線ベクトルの方向などのパラメータを、適宜  
選択して用いると良い。

【0158】液晶層1の後方散乱の散乱効率を前方散乱  
の散乱効率と比べて小さいので、反射光のうち主要な成  
分は前方散乱成分が反射面10上で反射され、一部はさ  
らに散乱された上で、観察方向に射出されたものであ  
る。すなわち、観察方向から反射側基板7を観察したと  
きに、光吸収層11が直接観察されない形状が有効であ  
る。例えば、反射面10の面法線ベクトルを方位角方向  
に3軸直交の寛方向を持たせ、光吸収層11の面法線ベク  
トルがパネル面に対して平行になるようにさせた上で、  
最悪冗棄させた図12に示すような形状が例として挙げ  
られる。

【0159】図12に示す形状について説明する。図1  
2(a)は、本実施の形態に係る反射型液晶表示装置の  
さらに別の反射面10および光吸収層11の平面図であ  
り、図12(b)は、図12(a)のD-D線矢視断面  
図、図12(c)は、図12(a)のE-E線矢視断面  
図、図12(d)は、図12(a)の反射面10および  
光吸収層11の一部の斜視図、図12(e)は、図12  
(d)で示した反射面10および光吸収層11の一部が  
複数組み合わされた場合の斜視図である。また、図12  
(a)と図12(d)とにおいて、対応する頂点にしか  
らTの記号を付与している。

【0160】ここで、L、M、S、Tの各頂点を含む面  
(図12(d)および図12(e))において×印の面)  
は、反射側基板7(図1参照)に対して垂直な面であ  
り、光吸収層11が形成されている。また、M、N、  
O、Tの各頂点、O、P、Q、Tの各頂点、Q、R、  
S、Tの各頂点をそれぞれ含む各面は、互いに合同な変  
形形状をなしており、反射面10が形成されている。そ  
して、これらの各反射面10の法線ベクトルが、それぞ  
れ異なる方向となるように各反射面10が配置されてい  
る。

【0161】(実施の形態2) 次に、本発明の第2の実  
施の形態について図13および図14に基づいて説明す  
れば、以下の通りである。

【0162】図13は本発明の第2の実施の形態に係る  
反射型液晶表示装置(特に、液晶パネル部分)の断面図  
である。本実施の形態に係る液晶パネルは、液晶層5  
1および中間基板52を除いて実施の形態1の液晶パネ  
ルと同様であり、それらの構成要素については、同一の  
符号を付し、その説明を省略する。なお、実施の形  
態1の液晶パネルにおいて平坦化膜8上に設けられていた  
電極5および水平配向膜3は、本液晶パネルにおいて  
中間基板52上に設けられている。

【0163】ここで、液晶層51は、低分子の液晶組成  
物と液晶配向を固定して得られた配向高分子との分散  
体を配したものである。該液晶層51の形成方法を以下

に示す。

【0164】まず、誘電率特性が正の液晶組成物と、プ  
レポリマー材料および重台開始剤を混合して液晶層形成  
材料とした。ここで用いた上記液晶組成物は、通常のT  
FT液晶パネルに用いられてはT1-213(登録商標、メル  
本実施の形態においてはT1-213(登録商標、メル  
ク社製)を用いた。また、上記プレポリマー材料は、常  
温で液晶性を有しており、その液晶配向を重台後の高分  
子においても保持する性質を有しているものである。液  
晶層形成材料の各成分の混合割合は、重量比で、液晶組  
成物：プレポリマー材料：重台開始剤＝80：19：1  
とした。

【0165】そして、液晶層51の厚みが5 $\mu$ mとなる  
ように、液晶層形成材料を入射側基板6および中間基板  
52により挟持し、液晶保持体53を形成した。ここ  
で、中間基板52は、次に説明するレーザ照射工程  
において、不要な反射光を発生させないために反射面1  
0を有する反射側基板7の替わりに液晶層51を挟持す  
るためのものである。

【0166】次に、図14に示す配置に基づいて液晶層  
(液晶層形成材料)51に対してレーザ照射を行っ  
た。図14は、本液晶パネルの製造工程におけるレーザ  
照射の方法を示す断面図である。なお、図14におい  
ては、図の簡略化のため、電極4・5および水平配向膜  
2・3を省略している。

【0167】このレーザ照射には、プリズム54およ  
び例えば位相のそろった波長488nmのアルゴンレー  
ザー55・56を用いた。プリズム54は頂角 $\theta$ 1が4  
0度、頂角 $\theta$ 4が90度である直角三角形の断面形状を  
有する三角柱であり、頂角 $\theta$ 4に対向する面を上記液晶  
保持体53の入射側基板6(境界面6a)に接して配置  
し、頂角 $\theta$ 1と頂角 $\theta$ 4との間の面をレーザ光の照射  
面54aとした。

【0168】そして、アルゴンレーザー55・56から  
のレーザ光(平行光)を、境界面6aの法線方向に対  
してそれぞれ $\theta$ 2(40度) $\cdot$  $\theta$ 3(55度)を成す2  
方向から照射面54aに入射させ、液晶層51に照射し  
た。

【0169】これによりレーザ光は干涉を起こし、特  
定間隔dでレーザ光に強度が生じた干涉パターンが得  
られた。この光の強度は光の波長と2つの光の入射角に  
より決定される微細な間隔で生ずる。

【0170】このとき、液晶層形成材料が光硬化型高分  
子材料を含んでいる場合には、干涉パターンにおける光  
強度が高い領域で光硬化型高分子材料が硬化する。ま  
た、液晶層形成材料が熱硬化型高分子材料(たとえばエ  
ポキシ樹脂)を含んでいる場合には、干涉パターンにお  
ける光強度が高い領域で発熱が起こり、熱硬化型高分子  
材料が硬化する。このため、いずれの場合も、干涉パタ  
ーンにおける光強度が弱い領域には主に液晶が集まるこ

(16)

となる。ここでは、光硬化型高分子材料を用いてい  
る。

【0171】この結果、液晶のみを含んだ、または液晶  
を多く含む液晶組成物と、高分子材料(液晶分散  
体)のみを含んだ、または高分子材料を多く含む高分  
子材料とが分離された微細な多層構造(層構造)を有  
する液晶層51が得られた。また、この多層構造の各層  
を成す面の法線ベクトルの境界面6aへの正射影は液晶  
パネルの下側を向くことになる。ここで、液晶層51  
は、電圧印加時には光学的に等方性であり、電圧無印加  
時には、上記多層構造に基づく屈折率の変化が生じるよ  
うに各材質の光学特性が設定されている。

【0172】このようにして得られた液晶保持体53  
に、平坦化膜8、物体9、反射側基板7を配置すること  
により、本液晶パネルを製作した(図13)。

【0173】次に、本液晶パネルの動作について図13  
に基づいて説明する。

【0174】電源オフ時(電圧無印加時)においては、  
上記のように液晶層51が透過状態にあるため、実施の  
形態1の場合と同様の理由によって、良好な黒表示が得  
られる。

【0175】電源オン時(電圧印加時)では、次のよう  
にして白表示が得られる。上記のように、液晶層51に  
電圧が印加された状態では、多層構造に基づく屈折率の  
変化が液晶層51内に生じる。この屈折率が変化する界  
面51aでは光が反射され、特に、この界面51aに対  
して浅い入射角から入射する光(上記多層構造の層法線か  
ら大きく傾いた方向から入射する入射光、例えば光線  
7)は、全反射されることになる。したがって、入射光  
は、この反射の影響によってその進行方向を曲げる効果  
を受ける。

【0176】界面51aが境界面6aに対して所定の範  
囲の角度を成して形成されている場合、光線17のよう  
に、液晶層51によって進行方向が変化し、反射面10  
で反射されることにより観察者に達する光が存在するた  
め、白表示が得られることになる。

【0177】本液晶パネルの多層構造は、従来において  
液晶パネルに垂直に入射した光を垂直に反射するために  
設けられたものは目的が異なっており、多層構造の層  
間隔を比較的大きくすることができると、駆動電圧を  
減少させることも可能である。

【0178】(実施の形態3) 次に、本発明の第3の実  
施の形態について図15および図16に基づいて説明す  
れば、以下の通りである。

【0179】図15は、本発明の第3の実施の形態に係  
る反射型液晶表示装置(特に、液晶パネル部分)の断面  
図である。本実施の形態における液晶パネルは、入射側  
基板6の空気層30側に設けられた干渉性反射板(反射  
体)21、吸収性カラーフィルター60および保護フィ  
ルム22を除いて実施の形態1の液晶パネルと同様であ

り、それらの構成要素については、同一の符号を付記  
し、その説明を省略する。なお、本液晶パネルにおいて  
は、保護フィルム22と空気層30との境界面22aが  
実施の形態1における境界面6aに相当している。

【0180】干渉性反射板21は、相対的に屈折率の高  
い高屈折率体と、相対的に屈折率の低い低屈折率体とが  
積層されて成る透過型のホログラム干渉板である。この  
干渉性反射板21は、積層構造の界面となる層平面21  
aを有している。そして、この干渉性反射板21には、  
この層平面21aに対して、積層構造の層間隔に応じた  
特定の方向(以下、固有方向と称す)から入射する光の  
みを正反射する作用がある。

【0181】ここで、上記の特定の方向としては、層平  
面21aの一方の側において互いに正反射の関係(この  
面の垂線に対して互いに対称な関係)にある2つの方向  
が存在し、他方の側では、これら2つの方向の層平面2  
1aに対して対称な方向も同様に上記の特定の方向とな  
る。以下においては、上記の特定の方向の1つであり、  
層平面21aの境界面22a側で、かつ、層平面21a  
から反射面10に向かう方向(図中矢印C方向)を第1  
固有方向(特定方向)とする。

【0182】なお、実際には層平面21aによって反射  
される光の入射方向には幅があるが、本実施の形態で  
は、その幅による影響は無視できるものであるため、そ  
の幅の中央方向を上記の固有方向として扱う。

【0183】ここで、以下においては、反射面10の傾  
斜角が $\theta$ に設定されている場合について説明する。な  
お、本実施の形態は、傾斜角が $\theta$ に限られるものではな  
く、実施の形態1において傾斜角の条件を満たす範囲内  
において、適宜変更可能である。

【0184】干渉性反射板21の層平面21a、および  
干渉性反射板21の第1固有方向がそれぞれ境界面22  
aに対して成す角度は、反射面法線方向10が境界面2  
0が境界面22aに対して成す角度との間となるように  
設定されていることが望ましい。なお、反射面法線方向  
10とは、反射面10の法線方向であり、境界面方向2  
0とは、干渉性反射板21での反射作用がない場合にお  
いて、液晶層1に対して垂直方向から反射面10に入射  
した光が、反射面10によって正反射される方向であ  
る。

【0185】以下では、層平面21aが境界面22aに  
対して成す角度が、反射面法線方向10および境界面方  
向20がそれぞれ境界面22aに対して成す角度のほぼ  
中央値となるように設定されており、干渉性反射板21  
の第1固有方向が、液晶層1に対して垂直方向から反射  
面10に入射した光が、反射面10によって正反射され  
る方向よりも僅かに境界面22aに対する垂直方向側に  
傾いた方向に設定されている場合の動作について説明す  
る。

(17)

【0186】境界面22a内において、本液晶パネル上側から下側に向かって入射する光線18aを仮定する。このとき、光線18aは、干渉性反射板21の反射作用を受けて、干渉性反射板21が存在しない場合（実施の形態1の場合）よりも境界面22aに対する垂直方向側に傾いた方向で反射面10に入射する。そして、反射面10で正反射された光は、液晶パネル上側に出射されることになる。

【0187】一方、液晶パネル上側から境界面22aに入射し、干渉性反射板21の固有方向（第1固有方向と正反射の周縁にある方向）から干渉性反射板21に入射する光線18bを考える。このとき、光線18bは、干渉性反射板21の反射作用を受けて干渉性反射板21が存在しない場合よりも境界面22aに対する平行方向側に傾いた方向で反射面10に入射する。そして、反射面10で正反射された光は、境界面22aに対して垂直方向より僅かに液晶パネル上側に出射することになる。

【0188】つまり、干渉性反射板21によって、光線18aの光路と光線18bの光路が切り替えられることになる。ただし、上記した干渉性反射板21の性質により、光線18a・18b以外の光については、反射作用を受けたいため、干渉性反射板21が存在しない場合と同様となる。

【0189】ここで、黒表示の状態においては、干渉性反射板21が存在しない場合と同様に観察方向に光が放射されたため、良好な黒表示が得られる。

【0190】一方、白表示の状態においては、光線18bは干渉性反射板21の反射作用によってほぼ観察方向に出射する光路をとるため、液晶層1の散乱効果によって、干渉性反射板21が存在していない場合と比べて、光線18bの散乱光が観察方向により多く出射されることとなり、白表示の明度を向上させることができる。これら、光線18aより光線18bの方が境界面22aに対して深い角度（入射角が小さい角度）で入射したため、液晶パネルに入射する単位面積当たりの光量を大きくすることができるためである。

【0191】なお、干渉性反射板21を用いた場合、特定の波長範囲の光に対して一定の固有方向からの光のみを反射するように形成することはできても、可視光全域に対して固有方向が一定の方向となるように設定することが困難な場合がある。つまり、干渉性反射板21に入射する光の波長に応じて固有方向が変化する場合はある。

【0192】この波長に応じた固有方向の変化に起因して表示特性が悪化するには、吸収性カラーフィルター60を用いることにより表示特性の悪化を防止することができる。すなわち、所望の固有方向以外の固有方向となる波長の光を、吸収性カラーフィルター60により吸収することができる。この吸収性カラーフィルター60は、例えば保護フィルム22と兼用して設置すること

も可能である。

【0193】本実施の形態に係る液晶パネルに関して、実施例4と同様に、実施例1の測定システムによって液晶層1への電圧印加時（完全拡散入射時）に、正面方向（受光角 $b=0$ 度）で観察した白表示の輝度率を測定した。なお、本測定に用いた液晶パネルの反射面10の傾斜角、および平坦化膜8の屈折率 $n1$ は、実施例4と同様、それぞれ30度および1.33のものを用いた。

【0194】また、反射面10の法線と境界面22aの法線とを含む面における液晶パネル上側を方位角 $c=0$ 度の方向とし、この方位角 $c=0$ 度の方向から投光器15（図3参照）により光を入射させ、受光器16（図3参照）により受光される光量を測定した。入射光の入射角 $a$ は、各方位角 $c=0$ において、0度から80度まで変化させた。

【0195】その結果を図16に示す。図16は、本液晶パネルを用いて輝度率（縦軸）の入射角 $a$ （横軸）依存性を測定した結果を表すグラフである。

【0196】図16と図9における曲線9-3とを比較すると、本実施例の結果（図16）の方が、輝度率がピークとなる入射角 $a$ の値が小さくなっていることがわかる。これは、相対的に小さく入射角 $a$ からの入射光の白表示への寄与が大きくなっていることを意味している。入射角 $a$ が小さいという事は見込み面積（入射光断面積、光が入射する面）に入射する光の進行方向に対して垂直な面に正射影した面積）を大きくすることができることから、白表示には有利である。したがって、本液晶パネルではさらに良好な白表示を得ることができ、【0197】また、干渉性反射板21は、カラーフィルターとしても用いることができ、従来の吸収性カラーフィルターと比べ、明度の高い表示が可能となる。

【0198】さらに、干渉性反射板21は、回転可動であってもよい。回転可動にすることにより、本反射型液晶表示装置に入射する外光の輝度分布に応じ、最も明るい外光をうまく拾うように調整することができる。白表示の明度の向上を図ることができる。

【0199】なお、本実施の形態では、ある特定方向からの入射光の進行方向を曲げる素子として干渉性を有するものを用いたが、回折性あるいは散乱性を有するものについても同様な検討を行ない、白表示を向上させることを確認している。

【0200】【実施の形態4】次に、本発明の第4の実施の形態について図17に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0201】図17は、本実施の形態に係る反射型液晶表示装置（特に、液晶パネル部分）の構成を示す断面図である。なお、実施の形態1において説明した構成要素と同等の機能を有する構成要素については、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

【0202】図17の液晶パネルにおいて、実施の形態

(18)

1における図1に示した液晶パネルと異なる部分は、物体9が透明体で形成されているとともに、物体9に光吸収層11が形成されており、垂直面9bが透過状態となつており、および反射面基板23の替わりにアモルファスシリコン半導体10が形成されている点である。

【0203】物体9に光吸収層11が形成されていないため、例えば光線14のように、平坦化膜8から垂直面9bに入射した光は、物体9の内部に入射する。物体9に入射した光は、直接、または反射面10の裏面で反射されるなどして、太陽電池23に達する。つまり、物体9が太陽電池23への導光特性を有している。したがって、本液晶パネルに外光を照射することにより、その外光の一部が太陽電池23に入射し、太陽電池23を発電させることができる。

【0204】ここで、太陽電池23は、光吸収性を有しており、特に、可視光領域の光を効率良く起電力に変換できるものほど黒色であり、光吸収性が高い。したがって、実施の形態1における光吸収層11の機能も有していることになる。

【0205】実際に、本液晶パネルを用いて太陽電池23に達する光量を調べた。ここで、反射面10の傾斜角を25度とし、反射面10上の平坦化膜8は、屈折率が1.517のものを用い、完全拡散光を該反射型液晶表示装置に入射したところ、入射光のほぼ60%が太陽電池23に吸収されていることを確認した。

【0206】この場合において、本液晶パネルを屋外で使用することを想定し、太陽光のエネルギー密度を100mW/cm<sup>2</sup>とすると、本実施の形態で用いた太陽電池23の効率は8%であるので、対角10インチのディスプレイに適用したとき、1.44Wの出力が得られることになる。

【0207】以上、本実施の形態により、本液晶パネルに入射してくる光のうち、白表示に寄与しない光を効率よく太陽電池23へと導光させることができ、光の有効利用を図ることができる。

【0208】本実施の形態に係る発明は、上記の作用を失わぬ範囲内で変更可能なことはいうまでもない。例えば、本実施の形態では、アモルファスシリコン半導体の太陽電池23を用いたが、これに限定するものではなく、アモルファスシリコン、多結晶シリコン、単結晶シリコン等のシリコン系のみならず、ガリウム砒素等の化合物半導体を用いた太陽電池23のいずれのものが適用可能である。

【0209】

$$\theta = (1/2) \times \arcsin(n_0/n1) \cdots \text{式1}$$

式1を満たす $\theta$ を定義したとき、少なくとも反射面の一部は、基板の境界面に対して、 $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の角度を成して配置されている構成である。

【0218】上記の構成では、液晶層が光を透過させる

【発明の効果】上述したように、本発明により、反射率が高く、かつ、コントラストが高い反射型液晶表示装置を得ることができる。さらに、従来の方式と比べ波長依存性が小さく、色度特性に大幅な向上が見られる。

【0210】本発明によれば、反射板の反射側形成面を液晶層を挟持する一方の基板の外側に設置することでも、き、これにより、生産性を高めることができる。また、反射板の反射側形成面を液晶層を挟持する一方の基板の液晶層側に設置することでもでき、これにより設置のよい良好な表示が可能となる。

【0211】また、本装置に高透明度に調整されたカラーフィルタを用いれば、良好な色再現性を有した表示品位の高いカラー反射型液晶表示装置を実現することができる。また、本発明の反射型液晶表示装置にタッチパネルを付加する場合にも表示品位を損なうことなく入力装置一体型液晶表示装置が実現できる。

【0212】本発明の反射型液晶表示装置は、以上のように、反射面の少なくとも一部と基板が平面となつて傾斜角が、20度以上30度以下となる構成である。

【0213】上記の構成では、屈折率値が一般的でない材料を用いることなく、黒保護領域を透過範囲にするることができる。したがって、黒表示および白表示を共に向上させることができる。

【0214】その結果、良好な黒表示および白表示により、コントラストを向上させることができ、表示品位の高い反射型液晶表示装置を提供することができる。

【0215】本発明の反射型液晶表示装置は、以上のように、液晶層が入射した光に対して透過状態にある場合に、外部光が基板の境界面に対して垂直に入射した光が、境界面において全反射されること、反射面の傾斜角度を $\theta$ とすると、反射面は、 $\theta$ 以上、 $2 \times \theta$ 未満の傾斜角で配置されている構成である。

【0216】上記の構成では、液晶層が光を透過させる状態にある場合には、観察方向に光が放射せず、液晶層が光を散乱や反射させる状態にある場合には、観察方向により多くの光が放射するため、良好な黒表示および白表示を得ることができる。したがって、コントラストが高い品位の表示を行うことができる反射型液晶表示装置を提供することができる。

【0217】本発明の反射型液晶表示装置は、以上のように、液晶層を介して対向する基板および透明膜と透明膜に増設された反射面とを有し、外部層の屈折率を $n$ とし、透明膜の屈折率を $n1$ とし、

状態にある場合には、観察方向に光が放射せず、液晶層が光を散乱や反射させる状態にある場合には、観察方向により多くの光が放射するため、良好な黒表示および白表示を得ることができる。したがって、コントラストが

(11)

高い商品位の表示を行うことができる反射型液晶表示装置を提供することができる。

【0219】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、光吸収性を有する部位を有していることが好ましい。

【0220】上記の構成では、本反射型液晶表示装置が透過状態にある場合に、良好な黒表示を実現することができる。

【0221】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、光吸収性を有する部位が太陽電池であることが好ましい。

【0222】上記の構成では、太陽電池を一体化することとができ、表示装置の駆動に必要な電力のすべては一部を太陽電池でまかなうことができるため、電源に要するスペースを縮小して装置の小型化を図ることができる。

【0223】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、反射面のある傾斜面の法線ベクトルが、複数の方向を向いていることが好ましい。

【0224】上記の構成では、本反射型液晶表示装置に入射する外光をより多く利用することができ、より明度が高く、より入射光方向の依存性の小さい白表示を実現することができる。

【0225】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、反射面上に透過性の高屈折率が配置されていることが好ましい。

【0226】上記の構成では、反射面の傾斜角を小さくすることができ、本反射型液晶表示装置が白表示の際に光をより効率よく利用することができる。

【0227】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、反射面を有する基板が液晶層を保持する基板とは別に用意され、外付け可能であることが好ましい。

【0228】上記の構成では、各基板の製作工程を分離することができ、生産性を高めることができる。

【0229】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、液晶層が散乱型液晶層であり、入射した光を透過させる状態と散乱させない状態とを切り替えることにより表示を行うことができる。

【0230】上記の構成では、偏光板を用いることなく黒表示および白表示を行うことができる。特に、白表示においては、偏光板による光の利用効率の低下を避けることができるため、さらに良好な白表示を得ることができ、したがって、本反射型液晶表示装置は、表示品位の向上を図ることが可能となる。

【0231】あるいは、上記の反射型液晶表示装置は、液晶層が液晶と液晶分散体との混合物を成しており、入射した光を透過させる状態と偏光によって起因して反射させる状態とを切り替えることにより表示を行うものである。

【0232】上記の構成では、偏光板を用いることなく黒表示および白表示を行うことができる。特に、白表示においては、偏光板による光の利用効率の低下を避ける

ことができるため、さらに良好な白表示を得ることができる。したがって、本反射型液晶表示装置では、表示品位の向上を図ることが可能となる。

【0233】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、反射面の傾斜方向が基板に平行な面内で回転可能であることが好ましい。

【0234】上記の構成では、外光を効率よく利用できるように反射面の傾斜方向を調整することにより、白表示における明るさの向上を図ることができる。これにより、本反射型液晶表示装置では、使用環境に応じた良好な表示を行うことが可能となる。

【0235】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、特定方向から入射する光を反射する反射体が設けられており、特定方向が基板に対して成す角度は、基板に垂直に入射して反射面で反射された光の進行方向が基板に対して成す角度と、反射面の法線方向が基板に対して成す角度との間であることが好ましい。

【0236】上記の構成では、良好な黒表示を維持しつつ、特定方向から入射する光が白表示に寄与する割合を大きくすることができ、したがって、本反射型液晶表示装置では、白表示の明度の向上を図ることができる。

【0237】前記反射体が設けられた上記の反射型液晶表示装置は、さらに、反射体が干渉性反射板であり、干渉性反射板に入射する光が通過する位置に、吸収型カラーフィルターが設けられていることが好ましい。

【0238】上記の構成では、干渉性反射板に入射する光の波長により干渉性反射板の特定方向が変化する場合でも、吸収型カラーフィルターを用いることによりこの影響を除去することができる。したがって、波長に依した特定方向の変化による表示特性を悪化を防止することができ、表示品位の向上を図ることができる。

【0239】上記の反射型液晶表示装置は、さらに、反射面のピッチが画素のピッチ以下であることが好ましい。

【0240】上記の構成では、反射面の空間周波数を上げ、目視における反射面形状が認識されないようにすることで、反射面に製造上の不具合があった場合でも、良好な表示品位を得ることが可能となる。

【0241】本発明の反射型液晶表示装置は、以上のように、表示面から入射する光を反射する反射面が、表示面に対して傾斜して配置されており、この反射面が表示面と平行な面内で回転可能である構成である。

【0242】上記の構成では、本反射型液晶表示装置を使用する際に、外部光の方向などに応じて反射面の方向を調整することができ、反射面が表示面に適切な条件となるように外部光を反射することが可能になる。その結果、本反射型液晶表示装置では、使用条件に応じた最適な表示を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態1の反射型液晶表示装置の構造断面

図である。

【図2】(a)は、実施の形態1において、反射面の傾斜方向が回転可能な反射型液晶表示装置の平面図であり、(b)は、(a)のA-A線矢視断面図である。

【図3】本発明の実施の形態で用いた反射輝度測定器の構成図である。

【図4】実施の形態1に係る反射型液晶表示装置の白表示時における反射輝度と投光角の傾角との関係図である。

【図5】(a)は、実施の形態1の液晶表示装置の反射面および光吸収層の平面図であり、(b)は、上記反射面および光吸収層の側面図である。

【図6】実施の形態1に係る反射型液晶表示装置の黒表示時における反射輝度の傾角方向依存性を示すグラフである。

【図7】実施の形態1に係る反射型液晶表示装置の黒表示時における反射輝度の傾角方向依存性を示すグラフである。

【図8】実施の形態1に係る反射型液晶表示装置の黒表示時における反射輝度の傾角方向依存性を示すグラフである。

【図9】実施の形態1に係る反射型液晶表示装置の白表示時における輝度の入射角方向依存性を示すグラフである。

【図10】(a)は、実施の形態1に係る反射型液晶表示装置の別の反射面および光吸収層の平面図であり、(b)は、(a)のB-B線矢視断面図である。

【図11】実施の形態1の反射型液晶表示装置において、観察方向を正面方向とし、入射方位を該反射型表示装置上側としたときの、白表示における入射極角と輝度率との関係を示す図である。

【図12】(a)は、実施の形態1に係る反射型液晶表示装置のさらに別の反射面および光吸収層の平面図であり、(b)は、(a)のD-D線矢視断面図、(c)は、(a)のE-E線矢視断面図、(d)は、(a)の反射面および光吸収層の一部の斜視図、(e)は、(d)で示した反射面および光吸収層の一部が複数組み合わされた場合の斜視図である。

【図13】実施の形態2に係る反射型液晶表示装置の構造断面図である。

【図14】実施の形態2に係る反射型液晶表示装置の多層構造形成工程を示す断面図である。

(10)

【図15】実施の形態3に係る反射型液晶表示装置の構造断面図である。

【図16】実施の形態3に係る反射型液晶表示装置の白表示時における輝度の入射角方向依存性を示すグラフである。

【図17】実施の形態4に係る反射型液晶表示装置の構造断面図である。

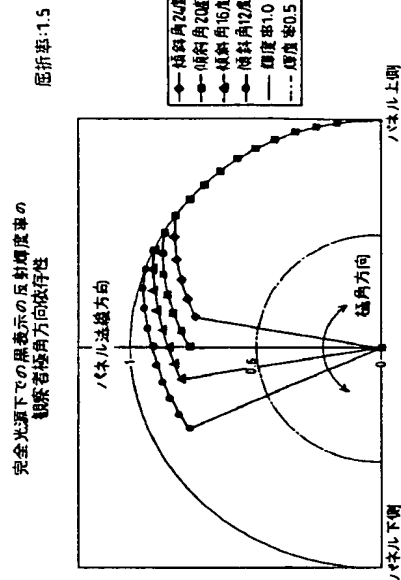
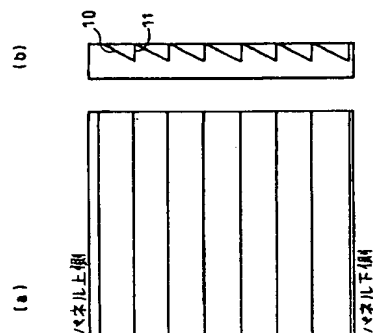
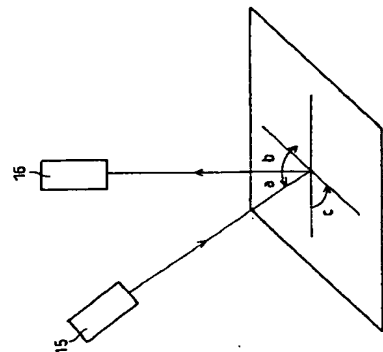
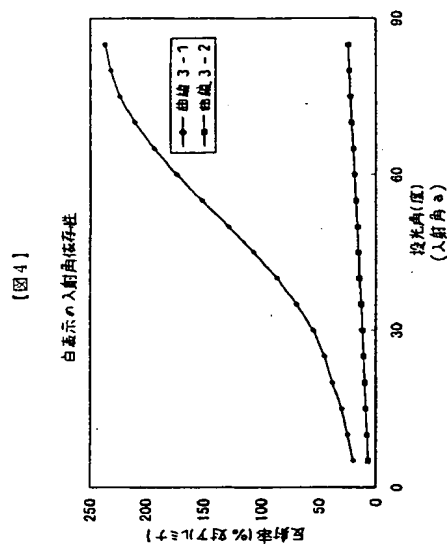
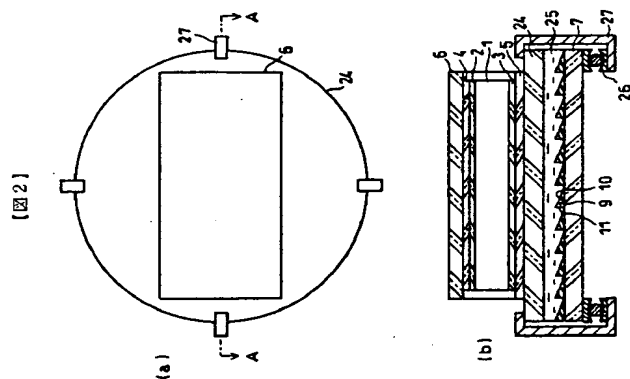
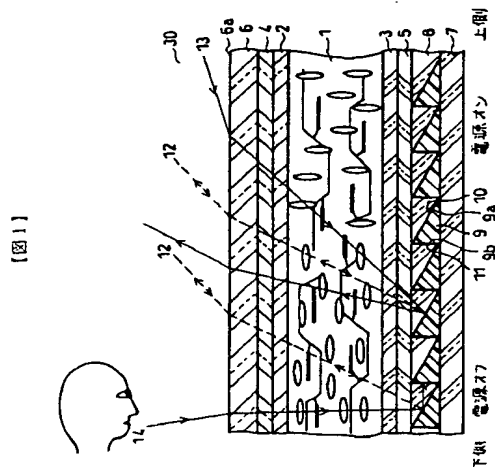
【図18】黒保証領域を表す概念図である。

【符号の説明】

- |     |                             |
|-----|-----------------------------|
| 1   | 液晶層                         |
| 2   | 水平配向膜                       |
| 3   | 水平配向膜                       |
| 4   | 電極                          |
| 5   | 電極                          |
| 6   | 入射側基板(基板)                   |
| 6a  | 境界面                         |
| 7   | 反対側基板(基板)                   |
| 8   | 平坦化膜(平坦化膜層、透明膜、透光性媒体、高屈折率体) |
| 9   | 物体                          |
| 9a  | 傾斜面                         |
| 9b  | 垂直面                         |
| 10  | 反射面(反射層、反射膜のある傾斜面)          |
| 11  | 光吸収層(光吸収性層、光吸収面)            |
| 12  | 点線(入射光線のたどる光路)              |
| 13  | 実線(入射光線のたどる光路)              |
| 14  | 実線(入射光線のたどる光路)              |
| 15  | 投光器                         |
| 16  | 受光器                         |
| 17  | 光線(入射光線のたどる光路)              |
| 18a | 光線(入射光線のたどる光路)              |
| 18b | 光線(入射光線のたどる光路)              |
| 19  | 反射面法線方向                     |
| 20  | 境界角方向(全反射角方向)               |
| 21  | 透過型ホログラム層(干渉性反射板、反射体)       |
| 22  | 保護フィルム                      |
| 22a | 境界面                         |
| 23  | 太陽電池                        |
| 30  | 空気層(外部層)                    |
| 51a | 界面                          |
| 60  | 吸収性カラーフィルター                 |

(21)

(22)

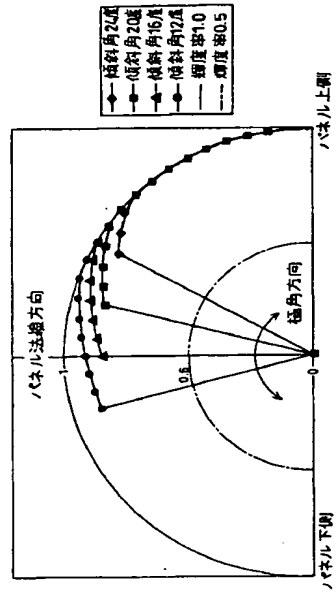


(13)

【図7】

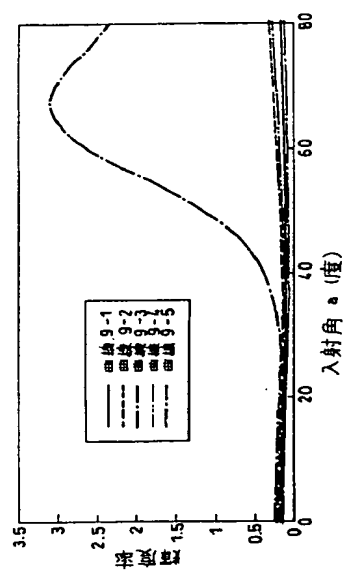
完全光源下での黒表示の反射輝度率の  
観察者視角方向依存性

屈折率: 1.8



(14)

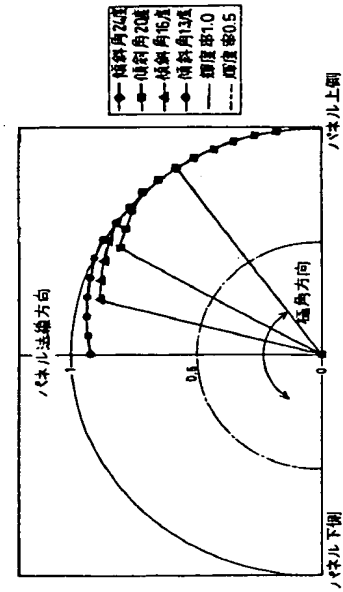
【図9】



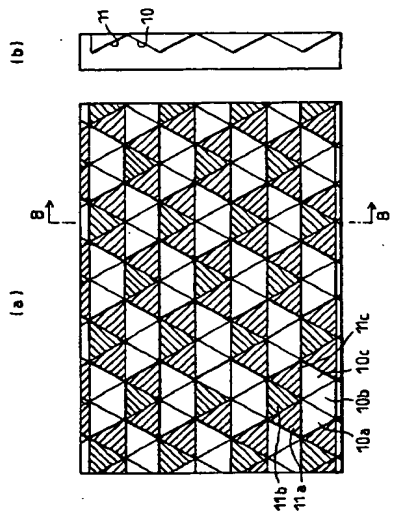
【図8】

完全光源下での黒表示の反射輝度率の  
観察者視角方向依存性

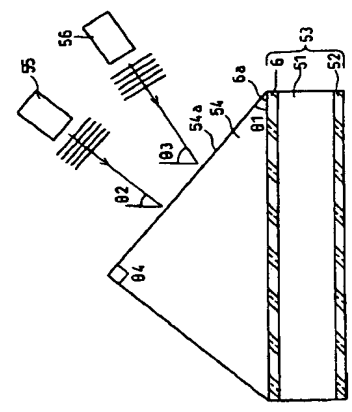
屈折率: 2.2



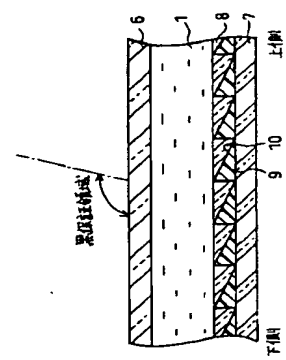
【図10】



【図14】

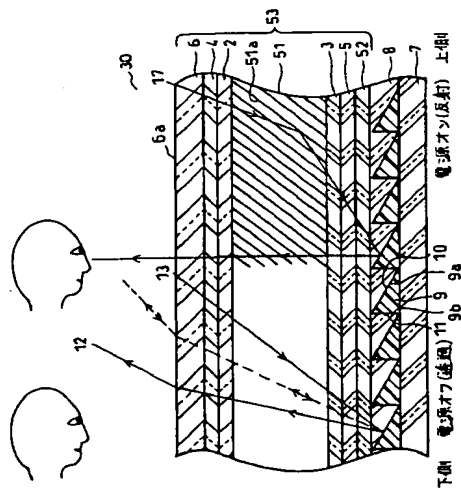


【図18】



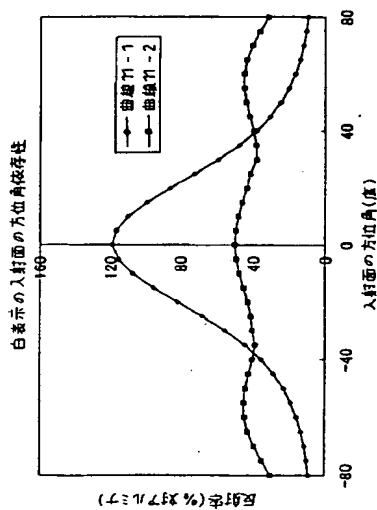
(24)

【図13】

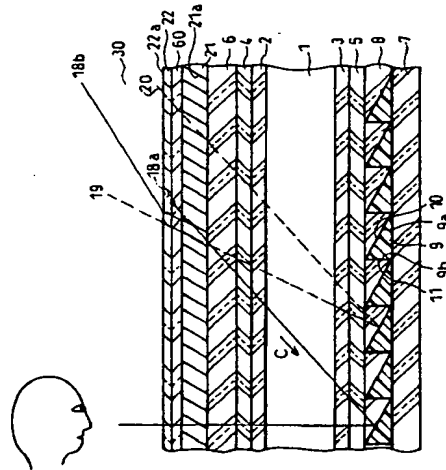


(25)

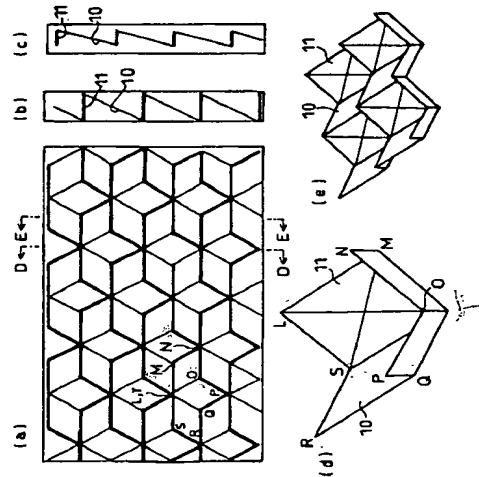
【図11】



【図15】



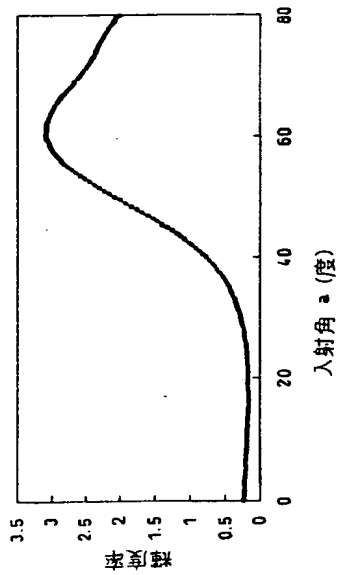
【図12】





(27)

【図16】



【図17】

